

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-271433

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl.

G01S 13/34

G01S 13/44

(21)Application number : 10-078725

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 26.03.1998

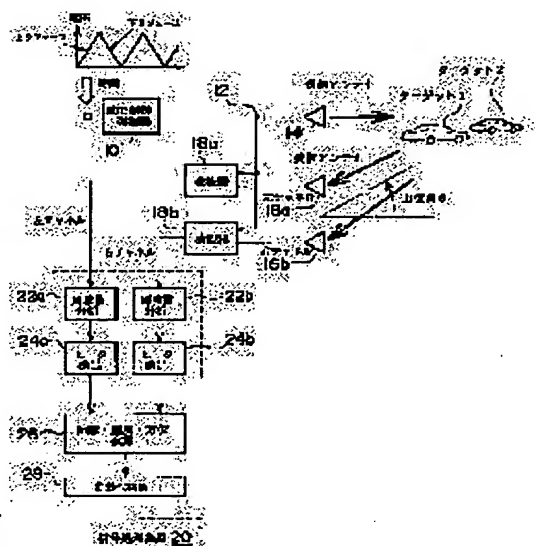
(72)Inventor : ASANO KOICHI  
OSHIMA SHIGEKI  
HARADA TOMOYASU  
YAMADA NAOYUKI

## (54) RADAR APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a radar apparatus which enhances detecting reliability of the distance, speed and direction of a target.

SOLUTION: A transmitting antenna 14 transmits frequency modulated waves. Reflected waves from a target are received by right and left two channel receiving antennas 16a, 16b. A signal processor 20 finds the direction of the target by a phase monopulse system on the basis of the difference between a right received signal and a left received signal. The direction is detected at a rise phase and a fall phase in an FMCW system. In addition, the signal processor 20 finds the distance and the speed of the target by the FMCW system. The distance and the speed are detected individually on the basis of the received signals in the right channel and the left channel. Consequently, one set of detection data are obtained for the direction, distance and speed. On the basis of a difference in the direction, a difference in the distance and a difference in the speed, a detected result is judged to be effective when the differences are small.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 2 7 1 4 3 3

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/34

13/44

13/44

審査請求 未請求 請求項の数 1

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-78725

(22) 出願日 平成10年(1998)3月26日

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72) 発明者 浅野 孔一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 大島 繁樹

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

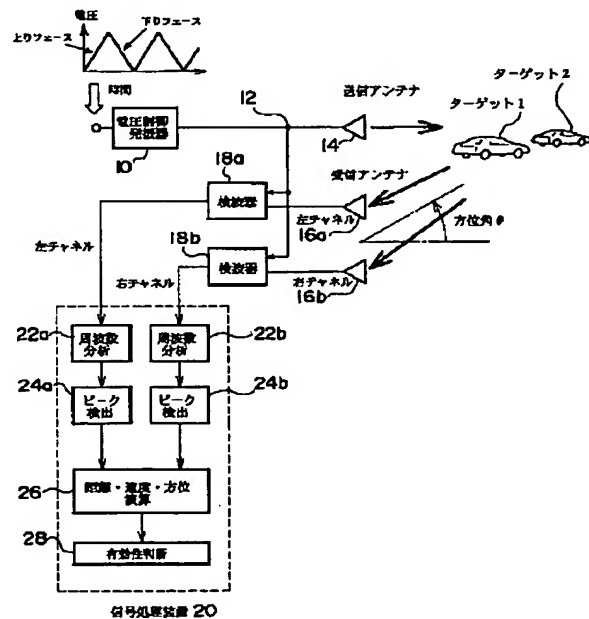
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットの距離、速度および方位の検出の信頼性を向上する。

【解決手段】 送信アンテナ 1 4 は、周波数変調波を送信する。ターゲットからの反射波は左右 2 チャンネルの受信アンテナ 1 6 a, 1 6 b で受信される。信号処理装置 2 0 は、位相モノパルス方式にて左右の受信信号の位相差に基づいてターゲットの方位を求める。方位検出は、FMCW方式における上り、下りフェーズでそれぞれ行われる。また信号処理装置 2 0 はFMCW方式でターゲットの距離と速度を求める。距離と速度の検出は、左右のチャンネルの受信信号に基づいて個別に行われる。従って、方位、距離、速度ともに 1 組の検出データが得られる。方位の差、距離の差、速度の差に基づき、これらの差が小さい場合に、検出結果が有効と判定される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 FMCW方式と位相モノパルス方式を組み合わせるレーダ装置であって、周波数の上昇期間たる上りフェーズおよび下降期間たる下りフェーズを有する周波数変調波を送信する送信部と、ターゲットからの反射波を複数チャンネルで受信する受信部と、前記複数チャンネルの受信波に基づいた位相モノパルス方式でのターゲット方位の検出を、上りフェーズおよび下りフェーズのそれぞれにて行う方位検出部と、上りフェーズおよび下りフェーズの受信波に基づいたFMCW方式でのターゲット距離および速度の検出を、前記複数チャンネルのそれぞれにて行う距離・速度検出部と、上りフェーズと下りフェーズの検出方位差、および、前記複数チャンネルの間の検出距離差と検出速度差に基づいて、検出結果の有効性を判定する判定手段と、を含むことを特徴とするレーダ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、FMCW方式と位相モノパルス方式を組み合わせるレーダ装置に関し、特に、検出結果の有効性を的確に判定することにより信頼性の高い検出を行うものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、ターゲットの方位、距離、速度を検出するために各種レーダが利用されている。例えば、道路における先行車両との相対方位、相対距離、相対速度の検出にもレーダが用いられる。方位を検出するレーダの1つとして、位相モノパルスレーダがある。また、距離および速度を検出するレーダの1つとして、FMCW（周波数変調連続波）レーダがある。

【0003】【位相モノパルスレーダ】位相モノパルスレーダは、ターゲットからの反射波を複数の受信アンテナで受信する。複数の受信アンテナは空間的に位置が異なるので、同一のターゲットからの反射波の位相が受信アンテナ間で異なる。この位相ずれを検出することでターゲットの方位を検出することができる。この位相モノパルスレーダは、基本的に送信アンテナ及び受信アンテナを機械的に動かすことなく方位が検出できるというメリットがある。

【0004】図1を参照すると、ターゲットまでの距離を $R_0$ 、二つの受信アンテナの間隔を $L$ 、ターゲットの方位を $\theta$ とする。アンテナ1およびアンテナ2からターゲットまでの距離 $R_1$ 、 $R_2$ は、

$$\text{【数1】 } R_1 = R_0 + (L/2) \sin \theta$$

$$R_2 = R_0 - (L/2) \sin \theta$$

である。二つの受信アンテナの受信信号（波長： $\lambda$ ）の位相差 $\Delta \phi$ は、

$$\text{【数2】 } \Delta \phi = (L/\lambda) \cdot \sin \theta$$

であり、従って、ターゲットの方位 $\theta$ は、

$$\text{【数3】 } \theta = \sin^{-1} \{ \Delta \phi \cdot (\lambda/L) \}$$

である。このようにして、受信信号の位相差からターゲットの方位を求めることができる。

【0005】【FMCWレーダ】FMCWレーダは連続波を用いるものであり、この連続波の送信信号にFM変調を施している。図2は、FMCWレーダによる相対距離及び相対速度検出の原理を示すものである。例えば、送信波を三角波で周波数変調する。これによって、送信波の周波数は増加減少を順次繰り返す。この送信波がレーダから放射され、ターゲットで反射して受信されると、送信波と受信波の周波数は、図2（上）に示すような関係をもつ。ただし、ターゲットの相対速度が0の場合である。ここで、伝搬遅延時間 $\tau$ は、送信波が受信されるまでの時間である。そして、参照波（送信波）に基づいて受信波を検波することにより、送信周波数と受信周波数の差の周波数成分を持つビート信号（図2

（下））が得られる。さらに、このビート信号にFFTなどの周波数分析をほどこし、そのピークをターゲットに対応した信号として抽出する。そして、そのピークの周波数がピーク周波数としてターゲットの距離、速度の検出に用いられる。なお、先に述べた位相モノパルス方式では、同一のターゲットに対して複数の受信アンテナで得られたピークの位相差がターゲットの方位検出に用いられる。

【0006】ターゲットまでの相対距離を $R$ 、光速を $c$ とすると $\tau = 2R/c$ である。さらに、FMの繰り返し周波数（図2における三角波の周波数）を $f_m$ 、FMの周波数偏移幅（参照波の周波数の変化幅）を $\Delta f$ とすると、ビート周波数 $f_r$ は、

$$\text{【数4】 } f_r = 4R \cdot f_m \cdot \Delta f / c$$

で表される。従って、ビート信号からビート周波数 $f_r$ を求めれば、相対距離 $R$ が決定される。

【0007】図3（上）は、ターゲットの相対速度が0でない場合における、送信波と受信波の周波数の関係を示している。ターゲットがレーダに対して相対速度を有すると、ドップラ周波数 $f_d$ だけ受信波の周波数が上または下にシフトする。図3（下）にはビート信号が示されている。このビート信号は、送信波の周波数が増加している上りフェーズ期間においては、相対速度0のターゲットのビート周波数 $f_r$ にドップラ周波数 $f_d$ だけ加算されたものになる。一方、送信波の周波数が減少している下りフェーズ期間においては、ビート周波数 $f_r$ からドップラ周波数 $f_d$ だけ減算されたものがビート信号になる。従って、このビート信号の上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間の周波数からドップラシフトが求められ、これからターゲットの相対速度が求められる。

【0008】すなわち、上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間におけるビート信号の周波数  $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$  は、

$$【数5】 f_{bu} = f_r + f_d$$

$$f_{bd} = f_r - f_d$$

である。そこで、ビート信号から周波数  $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$  を個別に求めれば、相対距離を表すビート周波数  $f_r$ 、相対速度を表すドップラ周波数  $f_d$  が求められる。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のFMCWレーダ 10 および位相モノパルスレーダを組み合わせれば、ターゲットの距離、速度および方位を求めることができる。特に、単一のターゲットだけが存在するような極めて理想的な環境では、単にFMCW方式および位相モノパルス方式を組み合わせるだけで、ターゲットの距離、速度および方位を正確に検出することができる。

【0010】しかしながら、実際のレーダ使用環境では、様々な物体からの反射波が合成されて受信されるので、単に両方式を組み合わせるだけでは信頼性の高いタ 20 ゴーゲットの距離、速度および方位の検出を実現することは困難である。

【0011】道路における先行車の検出を行う場合を考えると、ターゲットたる先行車の反射波に基づいて、先行車の距離、速度および方位を検出できる。この際、受信波から先行車の反射波を抽出したり選別する必要がある。ところが、自動車レーダ使用環境では、複数の先行車が存在し、さらに、先行車以外の樹木やガードレールなどの物体が存在する。そして、このような様々な物体の反射波が合成されて受信される。そのため、同一タ 30 ゴーゲットからの複数チャンネルの反射波を正しく組み合わせたり、同一ターゲットからの上りフェーズ、下りフェーズの反射波を正しく組み合わせることが困難な場合もある。このような場合に、本来は利用すべきでない不適正な検出結果が得られてしまったことを確実に見分けられるようにすることが望まれる。

【0012】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、適正な検出結果が得られたか否かを的確に判別でき、これにより信頼性の高い検出を行うことができるレーダ装置を提供することにある。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】(1)本発明は、FMCW方式と位相モノパルス方式を組み合わせてターゲットの距離、速度および方位を検出するレーダ装置であつて、周波数の上昇期間たる上りフェーズおよび下降期間たる下りフェーズを有する周波数変調波を送信する送信部と、ターゲットからの反射波を複数チャンネルで受信する受信部と、前記複数チャンネルの受信波に基づいた位相モノパルス方式でのターゲット方位の検出を、上りフェーズおよび下りフェーズのそれぞれに行う方位検出部と、上りフェーズおよび下りフェーズの受信波に基づい 50

たFMCW方式でのターゲット距離および速度の検出を、前記複数チャンネルのそれぞれに行う距離・速度検出部と、上りフェーズと下りフェーズの検出方位差、および、前記複数チャンネルの間の検出距離差と検出速度差に基づいて、検出結果の有効性を判定する判定手段と、を含むことを特徴とする。

【0014】本発明によれば、位相モノパルス方式に基づく方位検出が、FMCW方式の上りフェーズと下りフェーズそれぞれで行われる。また、FMCW方式に基づく距離、速度検出が、複数の受信チャンネルの信号それぞれを用いて行われる。

【0015】ここで、位相モノパルス方式で上り、下りフェーズで求めた方位が同等か近いということは、FMCW方式に基づいて距離、速度を検出する際に上り、下りフェーズでのピークの組合せが正しいことを意味する。同様に、FMCW方式で複数チャンネルで求めた距離、速度が同等か近いということは、位相モノパルス方式で方位を検出する際に複数チャンネルでのピークの組合せが正しいことを意味する。

【0016】そこで、判定手段により、距離、速度、方位の検出値の差に基づいて検出結果の有効性が判定される。検出値の差が小さければ、適正なピークの組合せから検出結果が得られており、従って正確な検出結果が得られているので、そのような検出結果が有効とされる。

【0017】例えば、距離、速度、方位の検出値の差が、それぞれ所定の判断基準値以下であれば、検出結果が有効と判断できる。後述するように、検出値の差から検出信頼度を求め、信頼度に基づいて有効性を判定することも好適である。

【0018】このように、本発明によれば、FMCW方式と位相モノパルス方式が一体化されていることを利用して、互いの方式を利用して、上り、下りフェーズ間および複数のチャンネル間での正しいピーク組合せに基づいた有効な検出結果が得られているか否かを確認できる。FMCW方式の上り、下りフェーズそれぞれで方位を求め、位相モノパルス方式の複数チャンネルそれぞれで距離および速度を求め、それらの値を互いに比較して大きな差が生じていないことを確認することにより、信頼性の高い距離、速度、方位の検出が可能になる。

40 【0019】(2)本発明の好ましい一態様のレーダ装置は、上りフェーズと下りフェーズの検出方位差、および、前記複数チャンネルの間の検出距離差と検出速度差に基づいて、検出結果の信頼度を求める信頼性算出手段を含む。前記判定手段は、信頼性算出手段により算出された信頼度が、任意に設定された所定判断基準値を上回る場合に、検出結果が有効であると判断する。方位差、距離差および速度差に対応する信頼度を用いて確実かつ的確に有効性を判断することができる。

【0020】(3)また好ましくは、レーダ装置は、検出距離、速度および方位に時系列処理を施す予測フィル

タを含む。上記のようにして有効と判断された検出結果（距離、速度および方位）のみを予測フィルタに入力し、時系列処理を施すことにより、現実のターゲットの距離、速度および方位の真の値を正確に推定し検出することができる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面を参照し説明する。図4は、本発明の実施形態のFMCW・位相モノパルスレーダ装置の構成を示しており、このレーダ装置は車両に搭載するためのものである。

【0022】電圧制御発振器（VCO）10は周波数変調器として機能する。このVCO10には、図示しない制御部より、電圧が時間に応じて増減する三角波が供給される。VCO10は、この三角波で周波数変調された高周波を発生する。この高周波は、分配器12で分配され、その一つが送信アンテナ14に送られる。このようにして、三角波で周波数変調された高周波が、電波として外部に向けて放射される。

【0023】送信アンテナ14から放射された電波はターゲットで反射する。図中には2つの先行車両が、ターゲット1、2として示されている。反射信号は、左右2つの受信アンテナ16a、16bで受信される。この2つの受信アンテナ16a、16bは、空間的に所定距離Lだけ離れて配置されている。そして、この受信アンテナ16a、16bには、検波器18a、18bがそれぞれ接続されている。検波器18a、18bには、分配器12から、三角波で周波数変調された高周波（送信信号）が参照波として供給されている。検波器18a、18bは、受信波を参照波に基づいて検波して、ベースバンド信号に変換する。上記の検波処理により、送信周波数と受信周波数の差の周波数成分をもつビート信号が得られ、信号処理装置20に供給される。

【0024】信号処理装置20では、周波数分析部22a、22bが、それぞれ、左チャンネルおよび右チャンネルの受信信号から得られたビート信号の周波数分析を行い、信号の周波数成分についてのデータを得る。ここでは、複素FFT（高速フーリエ変換）が行われ、適当な周波数間隔（周波数bin）ごとの複素振幅（電圧）が求められる。以降の処理では、binの番号が、周波数に対応するインデックスとして用いられる。ピーク検出部24a、24bは、周波数分析結果に基づき、位相モノパルスの左、右チャンネルのそれぞれでピーク（ピークをもつ周波数binの番号およびその周波数binの複素振幅値）を検出する。

【0025】図5（a）、（b）は、それぞれ左チャンネルおよび右チャンネルの周波数分析結果の例である。左チャンネルにおいて、大きい振幅をもつピークUL1、DL1は、それぞれターゲット1の上りフェーズおよび下り

フェーズのピークである。下りフェーズのピークの周波数が上りフェーズより大きいのは、ターゲット1が自動車よりも相対的に遅い（近づいている）ことを示している。また、小さい振幅をもつピークUL2、DL2は、それぞれターゲット2の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。下りフェーズのピークの周波数が上りフェーズより小さいのは、ターゲット2が自動車よりも相対的に速い（遠ざかっている）ことを示している。同様に、右チャンネルでは、ピークUR1、DR1は、それぞれターゲット1の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。また、ピークUR2、DR2は、それぞれターゲット2の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。

【0026】距離・速度・方位演算部26（以下、単に演算部26という）は、本発明の方位検出部および距離・速度検出部として機能し、検出されたピークを用いて、各ターゲットの相対距離、相対速度および相対方位を求める。ここでは、位相モノパルス処理を実施してターゲットの方位を検出する。また、FMCW処理を実施してターゲットの距離及び速度を検出する。

【0027】図1を用いて説明したように、2つの受信アンテナ16a、16bで受信した信号の位相を比較することで、その位相差から方位が求められる。方位角 $\theta$ は、2つの受信波の位相差を $\Delta\phi$ 、2つの受信アンテナの距離をL、電波の波長を $\lambda$ とすれば、

$$\text{【数6】 } \theta = \sin^{-1} \{ \Delta\phi \cdot (\lambda / L) \}$$

であらわされる。本実施形態では、ビート信号の対応する2つのピークの位相差から方位が求められる。

【0028】また、図2、図3を用いて説明したように、ビート信号は、ターゲットの距離に応じた受信波の遅延に基づく成分と、ターゲットの速度に応じたドップラシフトに基づく成分からなっている。上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間におけるビート信号の周波数 $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$ は、相対距離を表すビート周波数を $f_r$ 、相対速度を表すドップラ周波数を $f_d$ とすると、

$$\text{【数7】 } f_{bu} = f_r + f_d$$

$$f_{bd} = f_r - f_d$$

である。従って、周波数 $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$ から、ビート周波数 $f_r$ およびドップラ周波数 $f_d$ が求められ、相対距離および相対速度が求められる。本実施形態では、上り、下りフェーズの対応するピークのbin番号に基づいて、距離および速度を求める。このbin番号はそのピークのもつ周波数に対応している。

【0029】上記のようにして、位相モノパルス方式とFMCW方式で、ターゲットの方位、距離、速度が求められる。しかし、本実施形態ではレーダ装置が車両に搭載されて道路で使用される。このようなレーダ使用環境では複数のターゲット（先行車）が存在し、さらに、ターゲット以外の樹木やガードレールなどの物体が存在する。レーダには様々な物体の反射波が合成されて受信さ

れる。従って、実際には、図5に示すピークの他にもさらに多数のピークが存在している。そのため、同一ターゲットからの複数チャンネルのピークを正しく組み合わせたり、同一ターゲットからの上りフェーズ、下りフェーズのピークを正しく組み合わせることができない可能性もあり、その結果、本来は無効とすべき不適正なデータが得られてしまうこともあり得る。そこで、本発明では、以下のようにして、適正なデータが得られているかを判定する。

【0030】本実施形態では、演算部26により、上りフェーズ、下りフェーズのそれぞれについて、位相モノパルス方式で方位が求められる。また、左チャンネル、右チャンネルのそれぞれについて、FMCW方式で距離および速度が求められる。これにより、左右両チャンネルの上り、下りフェーズの4つのピークを利用して、同一ターゲットに対して、1組の方位、1組の距離および1組の速度が求められる。

【0031】有効性判断部28は、上記の複数の検出結果を比較して、検出結果の有効性を判定する。この有効性判断部28は、検出結果が下記の2つの条件を両方とも満たす場合に、検出結果が有効であると判断する。

【0032】(1)「方位差」が所定の判断基準値以下であること(「方位差」：上りフェーズと下りフェーズのそれぞれで検出された方位の差)

(2)「距離差」および「速度差」が所定の判断基準値以下であること(「距離差」および「速度差」：右チャンネルと左チャンネルのそれぞれで検出された距離の差、および速度の差)

図5を参照すると、1つのターゲットに関して、上りフェーズのピークペア(UL1, UR1)から求めた方位を $\theta$ (UL1, UR1)とし、下りフェーズのピークペア(DL1, DR1)から求めた方位を $\theta$ (DL1, DR1)とする。さらに、左チャンネルのピーク(UL1, DL1)から求めた距離および速度を、それぞれ、 $R$ (UL1, DL1)、 $v$ (UL1, DL1)とする。また、右チャンネルのピーク(UR1, DR1)から求めた距離および速度を、 $R$ (UR1, DR1)、 $v$ (UR1, DR1)とする。その際、上記(1)(2)の条件は式で表すと、下記ようになる。これらの式が成立する場合に、選択したピークペアが正しいと判断される。

【0033】

【数8】

$$\begin{aligned} |\theta(UL1, UR1) - \theta(DL1, DR1)| &\leq \text{判断基準値} \\ |R(UL1, DL1) - R(UR1, DR1)| &\leq \text{判断基準値} \\ |v(UL1, DL1) - v(UR1, DR1)| &\leq \text{判断基準値} \end{aligned}$$

有効性判断部28にて有効と判断されたデータは、例えば、先行車両への自動追尾制御に利用される。有効なデータは、そのまま追尾制御に利用される。また、有効なデータが得られない場合には、有効なデータが得られるまでペアリングを変更することも考えられる。ペアリングを変更しても有効なデータが得られない場合には、無

効なデータは棄却され、追尾制御には利用されない。無効なデータの代わりに、適当な推定処理や補間処理を行って、過去の検出結果を用いて現在のターゲットの距離、速度および方位を推定することが好ましい。

【0034】以上、本実施形態のレーダ装置について説明した。本実施形態では、位相モノパルス方式の検出方位が、FMCW方式における上りフェーズと下りフェーズでそれぞれ求められる。また、FMCW方式の検出距離、検出速度が、左右の受信チャンネルの信号からそれぞれ求められる。

【0035】上り、下りフェーズで求めた1組の方位がほぼ等しいということは、FMCW方式に基づいて距離、速度を検出する際に上り、下りフェーズでのピークの組合せが正しかったことを意味する。同様に、左右チャンネルで求めた距離、速度がほぼ等しいということは、位相モノパルス方式に基づいて方位を検出する際に左右チャンネルでのピークの組合せが正しかったことを意味する。

【0036】そこで、距離、速度の差が判断基準値以下であり、方位の差が判断基準値以下である場合には、ピークの組合せが正しかったと考えられ、正確なデータが得られているとみられるので、検出結果が有効と判定される。

【0037】このようにして、本発明によれば、FMCW方式の上り、下りフェーズおよび位相モノパルス方式の左右チャンネルでもって、同一ターゲットに対する1組の方位、距離、速度を求め、それらの値を互いに比較して、所定判断基準値より大きな差が生じていないことを確認することにより、信頼性の高い距離、速度、方位の検出が可能になる。

【0038】なお、本実施形態の距離、速度、方位の判断基準値は、予め適当な値に決められている。判断基準値は、同一ターゲットのピークの組合せが正確に行われた場合の検出ばらつきを考慮して設定することが好適である。例えば、判断基準値を、ばらつきの標準的な大きさに設定したり、ばらつきの最大値に設定することができる。判断基準値は、実験結果や経験に基づいて設定してもよい。

【0039】[実施の形態2]次に、図6を参照し、本発明の第2の実施形態を説明する。本実施形態でも、実施形態1と同様に、複数の距離、速度および方位の比較によって検出結果の有効性が判断される。ただし、実施形態2では、複数の検出結果の比較によって検出データの信頼度が求められ、この信頼度から検出データの有効性が判断される。そして、有効なデータが予測フィルタに入力され、この予測フィルタではデータの予測フィルタリングが行われる。このようにして、さらにターゲットの距離、速度および方位の検出の信頼性の向上が図られる。

【0040】図6において、図4の実施形態1の構成と

同様の構成要素には同一符号を付し、これらの構成要素の説明は省略する。距離・速度・方位演算部26は、実施形態1と同様に、左右両チャンネルの上りフェーズおよび下りフェーズの4つのピークを利用して、同一ターゲットに対して、1組の方位、1組の距離および1組の速度を求める。

【0041】本実施形態の信号処理装置30には、信頼度演算部32が、有効性判断部34の前段に設けられている。信頼度演算部32は、上記の演算部26によって計算された検出データの信頼度REを求めるものであり、下記の検出データ差に基づいて信頼度REを求める。

【0042】(1)「方位差」：上りフェーズと下りフェーズのそれぞれで検出された方位の差（実施形態1と同様）

(2)「距離差」および「速度」：右チャンネルと左チャンネルのそれぞれで検出された距離の差、および速度の差（実施形態1と同様）

ここで、信頼度REは、例えば、下式によって演算される。

【0043】

【数9】 $RE_r = 1 - |R10 - R20| / R00$ （但し、 $RE_r < 0$ の場合は0とする。）

$RE_v = 1 - |v1 - v2| / v0$ （但し、 $RE_v < 0$ の場合は0とする。）

$RE_\theta = 1 - |\theta1 - \theta2| / \theta0$ （但し、 $RE_\theta < 0$ の場合は0とする。）

$RE_r$ 、 $RE_v$ 、 $RE_\theta$ は、それぞれ、距離、速度および方位の信頼度である。R10、R20は1組の検出距離の値であり、R00は距離用の信頼度評価基準値である。同様に、v1、v2は1組の検出速度の値であり、v0は速度用の信頼度評価基準値である。 $\theta1$ 、 $\theta2$ は1組の検出方位の値であり、 $\theta0$ は方位用の信頼度評価基準値である。上記のR00、v0、 $\theta0$ の値は検出対象により異なり、例えば装置の検出精度の数倍程度とすることができる。

【0044】有効性判断部34は、上記の信頼度 $RE_r$ 、 $RE_v$ 、 $RE_\theta$ に基づいて、検出結果の有効性を判断する。(1)例えば、検出対象ごとに個別に信頼度のしきい値 $RE_{r0}$ 、 $RE_{v0}$ 、 $RE_{\theta0}$ を設定しておく。そして、信頼度 $RE_r$ 、 $RE_v$ 、 $RE_\theta$ がすべてしきい値以上である場合に、検出結果が有効であると判断される。しきい値 $RE_{r0}$ 、 $RE_{v0}$ 、 $RE_{\theta0}$ は、同一であってよく、異なっていてよい。(2)あるいは

は、信頼度 $RE_r$ 、 $RE_v$ 、 $RE_\theta$ の積を全体の信頼度REとする。この全体信頼度を、所定のしきい信頼度 $RE_0$ と比較することにより、一度に検出結果の有効性が判断される。すなわち、しきい信頼度 $RE_0$ 以上の全体信頼度REが得られた場合に、検出結果が有効であると判断される。

【0045】本実施形態では、信号処理装置30に予測フィルタ36が設けられている。予測フィルタ36は、カルマンフィルタや $\alpha-\beta$ フィルタなどである。予測フィルタ36には、有効性判断部34が有効と判断した検出結果のみが入力される。予測フィルタ36では、この有効なデータに基づく予測フィルタリングが行われる。予測フィルタリングでは、検出結果の平滑化が行われる。予測位置データと測定位置データを使って、平滑化された位置および速度が求められ、平滑化されたデータがターゲット情報として出力される。

【0046】以上、実施形態2のレーダ装置について説明した。実施形態2においても、実施形態1と同様に、1組の方位、1組の距離、および1組の速度が求められ、そして、方位差、距離差および速度差に基づいて検出データの有効性の判断が行われ、差の値が小さいときに検出データが有効であると判定される。特に、上記の様な信頼度演算、その演算結果に基づく検出結果の有効性判断、さらに有効な検出結果だけを用いた予測フィルタリングを行うことにより、信頼性の高い距離、速度、方位の検出が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 位相モノパルスレーダの原理を示す図である。

【図2】 FMCWレーダの原理を示す図である。

【図3】 FMCWレーダの原理を示す図である。

【図4】 本発明の第1の実施形態の構成を示す図である。

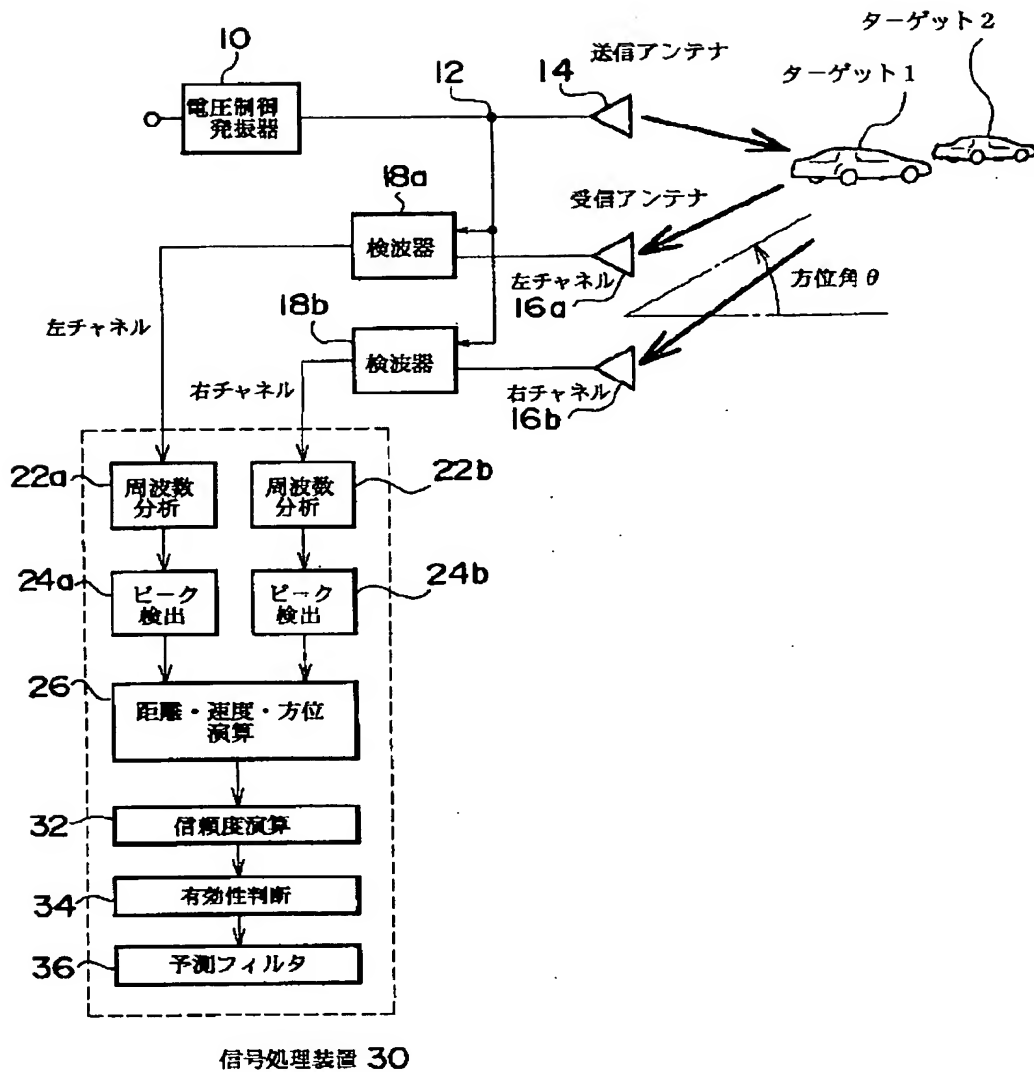
【図5】 図4の装置の左チャンネルおよび右チャンネルの受信信号の周波数分析結果を示す図である。

【図6】 本発明の第2の実施形態の構成を示す図である。

【符号の説明】

10 電圧制御発振器(VCO)、14 送信アンテナ、16a、16b 受信アンテナ、18a、18b 検波器、20 信号処理装置、22a、22b 周波数分析部、24a、24b ピーク検出部、26 距離・速度・方位演算部、28 有効性判断部。

【図 6】



フロントページの続き

(72) 発明者 原田 知育  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 山田 直之  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内



\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Bibliography

---

(19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)  
(12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)  
(11) [Publication No.] JP, 11-271433, A  
(43) [Date of Publication] October 8, Heisei 11 (1999)  
(54) [Title of the Invention] Radar installation  
(51) [International Patent Classification (6th Edition)]  
G01S 13/34  
13/44  
[FI]  
G01S 13/34  
13/44  
[Request for Examination] Un-asking.  
[The number of claims] 1  
[Mode of Application] OL  
[Number of Pages] 9  
(21) [Application number] Japanese Patent Application No. 10-78725  
(22) [Filing date] March 26, Heisei 10 (1998)  
(71) [Applicant]  
[Identification Number] 000003609  
[Name] Toyota Central Lab  
[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
(72) [Inventor(s)]  
[Name] Asano Hole 1  
[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
Inside of Toyota Central Lab  
(72) [Inventor(s)]  
[Name] Oshima Shigeki  
[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
Inside of Toyota Central Lab  
(72) [Inventor(s)]

[Name] Harada Intellectual training

[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
Inside of Toyota Central Lab

(72) [Inventor(s)]

[Name] Yamada Naoyuki

[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
Inside of Toyota Central Lab

(74) [Attorney]

[Patent Attorney]

[Name] Yoshida Kenji (outside binary name)

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Epitome

---

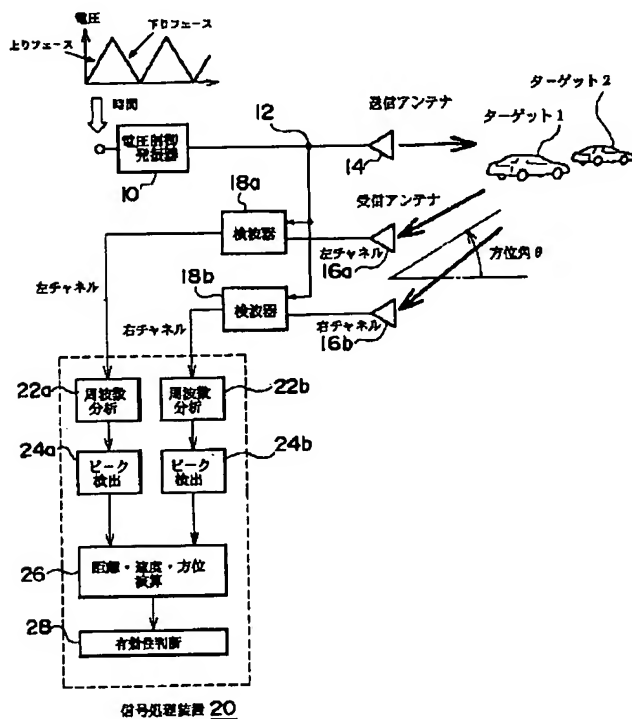
(57) [Abstract]

[Technical problem] The distance of a target, a rate, and the dependability of detection of bearing are improved.

[Means for Solution] The transmitting antenna 14 transmits a frequency modulation wave. The reflected wave from a target is received by the receiving antennas 16a and 16b of two right and left. A signal processor 20 asks for bearing of a target based on the phase contrast of an input signal on either side with a phase monopulse system. It has been set to the FMCW method, and gets down to it, and bearing detection is performed in a phase, respectively. Moreover, a signal processor 20 finds the distance and the rate of a target by the FMCW method. Detection of distance and a rate is performed according to an individual based on the input signal of a channel on either side. Therefore, 1 set of detection data are obtained for bearing, distance, and a rate. Based on the difference of bearing, the difference of distance, and the difference of

a rate, when these differences are small, it is judged with a detection result being effective.

[Translation done.]



[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The radar installation which detects the distance, the rate,

and bearing of a target combining the FMCW method and phase monopulse system which are characterized by providing the following The transmitting section which transmits the frequency modulated wave which has the rise period slack going-up phase of a frequency, and a slack going-down phase between falling phases The receive section which receives the reflected wave from a target by the multiple channel About detection of target bearing in the phase monopulse system based on the received wave of said multiple channel, they are a going-up phase and the bearing detecting element which it gets down and is performed by a phase being alike, respectively. A judgment means to get down with an uphill phase and to judge the effectiveness of a detection result based on the detection bearing difference of a phase, and the detection range difference and the detection speed difference between said multiple channels to be the distance and the speed detector which carries out by said multiple channel boiling detection of a going-up phase, the target distance in the FMCW method based on [ get down and ] the received wave of a phase, and a rate, respectively

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to what performs reliable detection by judging the effectiveness of a detection result exactly especially about the radar installation which detects the distance, the rate, and bearing of a target combining a FMCW method and a phase monopulse system.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, various radars are used

in order to detect bearing of a target, distance, and a rate. For example, a radar is used also for detection of relative bearing with the precedence car in a road, a relative distance, and relative velocity. There is a phase mono-pulse radar as one of the radars which detects bearing. Moreover, there is a FMCW (frequency modulation continuous wave) radar as one of the radars which detects distance and a rate.

[0003] A [phase mono-pulse radar] phase mono-pulse radar receives the reflected wave from a target with two or more receiving antennas. Since two or more receiving antennas differ in a location spatially, the phases of the reflected wave from the same target differ between receiving antennas. Bearing of a target is detectable by detecting this phase shift. This phase mono-pulse radar has the merit that bearing is detectable, without moving a transmitting antenna and a receiving antenna mechanically fundamentally.

[0004] Reference of drawing 1 sets [ the distance to a target ] bearing of  $L$  and a target to  $\theta$  for spacing of  $R_0$  and two receiving antennas. The distance  $R_1$  and  $R_2$  from an antenna 1 and an antenna 2 to a target is [Equation 1]. It is  $R_1 = R_0 + (L/2) \sin \theta$   $R_2 = R_0 - (L/2) \sin \theta$ . Phase contrast  $\Delta \phi$  of the input signal (wavelength:  $\lambda$ ) of two receiving antennas is [Equation 2]. It is  $\Delta \phi = (L/\lambda) \sin \theta$ , therefore the bearing  $\theta$  of a target is [Equation 3].  $\theta = \sin^{-1} \{ \Delta \phi \cdot (\lambda / L) \}$

It comes out. Thus, it can ask for bearing of a target from the phase contrast of an input signal.

[0005] The [FMCW radar] FMCW radar has performed FM modulation to the sending signal of this continuous wave using the continuous wave. Drawing 2 shows the principle of the relative distance by the FMCW radar, and a relative speed detector. For example, the frequency modulation of the transmission wave is carried out by the triangular wave. By this, the frequency of a transmission wave repeats increment reduction successively. This transmission wave is emitted from a radar, and when reflected and received by the target, the frequency of a transmission wave and a received wave has relation as shown in drawing 2 (above). However, it is the case where the relative velocity of a target is 0. Here, propagation delay time  $\tau$  is time amount until a transmission wave is received. And a beat signal ( drawing 2 (below)) with the frequency component of the difference of transmit frequencies and received frequency is acquired by detecting a received wave based on a reference wave (transmission wave). Furthermore, frequency analyses, such as FFT, are performed to this beat signal, and that peak is extracted as a signal corresponding to a target. And the frequency of

the peak is used for detection of the distance of a target, and a rate as a peak frequency. In addition, in the phase monopulse system described previously, the phase contrast of the peak acquired with two or more receiving antennas to the same target is used for bearing detection of a target.

[0006] It is  $\tau = 2R/c$ , when the relative distance to a target is set to  $R$  and the velocity of light is set to  $c$ . Furthermore, when frequency deviation width of face (change width of face of the frequency of a reference wave) of  $f_m$  and  $F_M$  is set to  $\Delta f$  for the repeat frequency (frequency of the triangular wave in drawing 2) of  $F_M$ , beat frequency  $f_r$  is [Equation 4]. It is expressed with  $f_r = 4R \cdot f_m - \Delta f / c$ . Therefore, if it asks for beat frequency  $f_r$  from a beat signal, a relative distance  $R$  will be determined.

[0007] Drawing 3 (above) shows the relation of the frequency of a transmission wave in case the relative velocity of a target is not 0, and a received wave. If a target has relative velocity to a radar, the frequency of a received wave will shift only the Doppler frequency  $f_d$  to a top or the bottom. The beat signal is shown in drawing 3 (below). In the uphill phase period when the frequency of a transmission wave is increasing this beat signal, only the Doppler frequency  $f_d$  was added to the beat frequency  $f_r$  of the target of relative velocity 0. On the other hand, the thing to which the frequency of a transmission wave is decreasing, getting down and by which only the Doppler frequency  $f_d$  was subtracted from beat frequency  $f_r$  in the phase period becomes a beat signal. Therefore, a doppler shift is called for from the frequency of the uphill phase period of this beat signal, and a going-down phase period, and the relative velocity of a target is called for after this.

[0008] That is, the frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  of an uphill phase period and a beat signal [ in / it gets down and / a phase period ] are [Equation 5]. It is  $f_{bu} = f_r + f_d$  and  $f_{bd} = f_r - f_d$ . Then, if it asks for frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  according to an individual from a beat signal, beat frequency  $f_r$  showing a relative distance and the Doppler frequency  $f_d$  showing relative velocity will be called for.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] If an above-mentioned FMCW radar and an above-mentioned phase mono-pulse radar are combined, it can ask for the distance, the rate, and bearing of a target. In the very ideal environment where only a single target exists especially, the distance, the rate, and bearing of a target are correctly detectable only by combining a FMCW method and a phase monopulse system.

[0010] However, since the reflected wave from various bodies is

compounded and received in an actual radar operating environment, it is difficult to realize detection of the distance of a reliable target, a rate, and bearing only by combining both methods.

[0011] Considering the case where the precedence vehicle in a road is detected, based on the reflected wave of a target slack precedence vehicle, the distance, the rate, and bearing of a precedence vehicle are detectable. Under the present circumstances, it is necessary to extract the reflected wave of a precedence vehicle from a received wave, or to sort out. However, in an automobile radar operating environment, two or more precedence vehicles exist and bodies, such as trees other than a precedence vehicle and a guard rail, exist further. And the reflected wave of such various bodies is compounded and received. Therefore, it may be difficult the going-up phase from the same target, and to combine correctly the reflected wave of the multiple channel from the same target, or to get down and to combine the reflected wave of a phase correctly. In such a case, to enable it to recognize certainly is desired [ that the un-proper detection result which should be used and which does not come out has originally been obtained, and ].

[0012] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, the purpose can distinguish exactly whether the proper detection result was obtained, and it is in offering the radar installation which can perform reliable detection by this.

[0013]

[Means for Solving the Problem] This invention combines a FMCW method and a phase monopulse system. (1) The distance of a target, The transmitting section which transmits the frequency modulated wave which is the radar installation which detects a rate and bearing, and has the rise period slack going-up phase of a frequency, and a slack going-down phase between falling phases, Detection of the receive section which receives the reflected wave from a target by the multiple channel, and target bearing in the phase monopulse system based on the received wave of said multiple channel A going-up phase and the bearing detecting element which it gets down and is performed by a phase being alike, respectively, The distance and the speed detector which said multiple channel boils detection of a going-up phase, the target distance in the FMCW method based on [ get down and ] the received wave of a phase, and a rate, respectively, and performs it, It is characterized by including a judgment means to get down with an uphill phase and to judge the effectiveness of a detection result based on the detection bearing difference of a phase, and the detection range difference and the detection speed difference between said multiple channels.

[0014] According to this invention, the bearing detection based on a phase monopulse system gets down with the going-up phase of a FMCW method, and is performed in each phase. Moreover, the distance and speed detection based on a FMCW method are performed using each signal of two or more receiving channels.

[0015] Here, in an EQC, that it is near goes up [ bearing / for which went up and got down with the phase monopulse system, and it asked in the phase ], in case distance and a rate are detected based on a FMCW method, and it gets down and means that the combination of the peak in a phase is right. Similarly, it means that that it is near has [ rate / which were found by the multiple channel by the FMCW method / the distance and the rate ] the right combination of the peak in a multiple channel in an EQC in case a phase monopulse system detects bearing.

[0016] Then, based on the difference of distance, a rate, and the detection value of bearing, the effectiveness of a detection result is judged by the judgment means. If the difference of a detection value is small, since the detection result is obtained from the combination of a proper peak, therefore the exact detection result is obtained, such a detection result is confirmed.

[0017] For example, if the difference of distance, a rate, and the detection value of bearing is below a predetermined decision-criterion value, respectively, it can be judged that a detection result is effective. It is also suitable to search for detection reliability from the difference of a detection value, and to judge effectiveness based on reliability so that it may mention later.

[0018] Thus, using the FMCW method and the phase monopulse system being unified, using a mutual method, it goes up, and it gets down and, according to this invention, can check whether the effective detection result based on the right peak combination during a phase and between two or more channels is obtained. Detection of a reliable distance, a rate, and bearing is attained by checking going up of a FMCW method and that get down, ask for bearing in each phase, find distance and a rate by each multiple channel of a phase monopulse system, compare those values mutually, and the big difference has not arisen.

[0019] (2) Include the dependability calculation means with desirable this invention which a radar installation [ like ] gets down with an uphill phase 1 voice, and searches for the reliability of a detection result based on the detection bearing difference of a phase, and the detection range difference and the detection speed difference between said multiple channels. Said judgment means judges that a detection result is effective, when the reliability computed by the dependability



calculation means exceeds the predetermined decision-criterion value set as arbitration. Effectiveness can be judged certainly and exactly using the reliability corresponding to a bearing difference, range difference, and the speed difference.

[0020] (3) Moreover, a radar installation contains preferably the prediction filter which performs time series processing to detection distance, a rate, and bearing. By inputting into a prediction filter only the detection result (distance, a rate, and bearing) judged to be effective as mentioned above, and performing time series processing, the distance of an actual target, a rate, and the true value of bearing can be presumed correctly, and can be detected.

[0021]

[Embodiment of the Invention] The gestalt (henceforth an operation gestalt) of suitable operation of this invention is explained with reference to a drawing below the [gestalt 1 of operation]. Drawing 4 shows the configuration of the FMCW and phase mono-pulse radar equipment of the operation gestalt of this invention, and this radar installation is for carrying in a car.

[0022] A voltage controlled oscillator (VCO) 10 functions as a frequency modulator. The triangular wave which an electrical potential difference fluctuates according to time amount is supplied to this VCO10 from the control section which is not illustrated. VCO10 generates the RF by which frequency modulation was carried out by this triangular wave. This RF is distributed by the distributor 12 and one of them is sent to the transmitting antenna 14. Thus, the RF by which frequency modulation was carried out is emitted towards the exterior as an electric wave by the triangular wave.

[0023] The electric wave emitted from the transmitting antenna 14 is reflected with a target. All over drawing, two precedence cars are shown as targets 1 and 2. A reflective signal is received by the receiving antennas 16a and 16b of two right and left. Spatially, only the predetermined distance L leaves these two receiving antennas 16a and 16b, and they are arranged. And wave detectors 18a and 18b are connected to these receiving antennas 16a and 16b, respectively. The RF (sending signal) by which frequency modulation was carried out by the triangular wave is supplied to wave detectors 18a and 18b as a reference wave from the distributor 12. Wave detectors 18a and 18b detect a received wave based on a reference wave, and change it into baseband signaling. A beat signal with the frequency component of the difference of transmit frequencies and received frequency is acquired, and a signal processor 20 is supplied by the above-mentioned detection processing.

[0024] In a signal processor 20, the frequency-analysis sections 22a and 22b perform the frequency analysis of the beat signal acquired from the input signal of a left channel and a right channel, respectively, and obtain the data about the frequency component of a signal. Here, complex [ FFT ] (fast Fourier transform) is performed and the complex amplitude (electrical potential difference) of every suitable frequency spacing (frequency bin) is called for. In subsequent processings, the number of bin is used as an index corresponding to a frequency. The peak detecting elements 24a and 24b detect a peak (the number of the frequency bin with a peak, and complex amplitude value of the frequency bin) by the left of a phase mono-pulse, and each of a right channel based on a frequency-analysis result.

[0025] Drawing 5 (a) and (b) are the examples of the frequency-analysis result of a left channel and a right channel, respectively. In a left channel, the peaks UL1 and DL1 with the large amplitude are peaks of the going-up phase of a target 1, and a going-down phase, respectively. It gets down, the frequency of the peak of a phase goes up, and what is larger than a phase shows the late (it is approaching) thing more relatively [ a target 1 ] than a self-vehicle. Moreover, the peaks UL2 and DL2 with the small amplitude are peaks of the going-up phase of a target 2, and a going-down phase, respectively. It gets down, the frequency of the peak of a phase goes up, and what is smaller than a phase shows the quick (it is keeping away) thing more relatively [ a target 2 ] than a self-vehicle. Similarly, by the right channel, peaks UR1 and DR1 are peaks of the going-up phase of a target 1, and a going-down phase, respectively. Moreover, peaks UR2 and DR2 are peaks of the going-up phase of a target 2, and a going-down phase, respectively.

[0026] Distance, a rate, and the bearing operation part 26 (only henceforth operation part 26) function as the bearing detecting element, and distance and a speed detector of this invention, and searches for the relative distance, relative velocity, and relative bearing of each target using the detected peak. Here, phase mono-pulse processing is carried out and bearing of a target is detected. Moreover, FMCW processing is carried out and the distance and the rate of a target are detected.

[0027] As explained using drawing 1, bearing is called for from the phase contrast by comparing the phase of the signal received with two receiving antennas 16a and 16b. Azimuth theta is [ phase contrast / of two received waves ]  $\lambda$ , then [Equation 6] about the wavelength of L and an electric wave in the distance of  $\Delta\phi$  and two receiving antennas.  $\Theta = \sin^{-1} \{ \Delta\phi - (\lambda/L) \}$

It is come out and expressed. With this operation gestalt, bearing is called for from the phase contrast of two peaks to which a beat signal corresponds.

[0028] Moreover, as explained using drawing 2 and drawing 3 , the beat signal consists of a component based on delay of the received wave according to the distance of a target, and a component based on the doppler shift according to the rate of a target. The frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  of an uphill phase period and beat [ in / it gets down and / a phase period ] signal are [Equation 7] when the Doppler frequency which expresses  $f_r$  and relative velocity for the beat frequency showing a relative distance is set to  $f_d$ . It is  $f_{bu}=f_r+f_d$   $f_{bd}=f_r-f_d$ . Therefore, from frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$ , beat frequency  $f_r$  and the Doppler frequency  $f_d$  are called for, and a relative distance and relative velocity are called for. With this operation gestalt, distance and a rate are found based on the bin number of the peak to which it goes up, and it gets down and a phase corresponds. This bin number is equivalent to the frequency which that peak has.

[0029] Bearing of a target, distance, and a rate are found by the phase monopulse system and the FMCW method as mentioned above. However, with this operation gestalt, a radar installation is carried in a car and used in the road. In such a radar operating environment, two or more targets (precedence vehicle) exist, and bodies, such as trees other than a target and a guard rail, exist further. The reflected wave of various bodies is compounded and received by the radar. Therefore, many peaks other than the peak shown in drawing 5 exist further in fact. Therefore, the peak of the multiple channel from the same target may be combined correctly, or the going-up phase from the same target and the un-proper data which should get down, and may be unable to combine the peak of a phase correctly, consequently should be essentially made an invalid may be obtained. So, in this invention, as it is the following, it judges whether proper data are obtained.

[0030] With this operation gestalt, bearing is called for with a phase monopulse system about each of an uphill phase and a going-down phase by operation part 26. Moreover, distance and a rate are found by the FMCW method about each of a left channel and a right channel. Thereby, it goes up, right-and-left both channels get down, and 1 set of bearings, 1 set of distance, and 1 set of rates are found from the same target using four peaks of a phase.

[0031] The effectiveness decision section 28 compares two or more above-mentioned detection results, and judges the effectiveness of a detection result. This effectiveness decision section 28 judges that a detection

result is effective, when a detection result fulfills the two following conditions both.

[0032] (1) "bearing difference" is below a predetermined decision-criterion value ("bearing difference": difference of bearing which got down with the uphill phase and was detected by each of a phase).

(2) "range difference" and the "speed difference" are below predetermined decision-criterion values ("range difference" and "speed difference": the difference of the distance detected by each of a right channel and a left channel, and difference of a rate).

Reference of drawing 5 sets to theta (DL1, DR1) bearing for which set to theta (UL1, UR1) bearing for which it asked from the peak pair (UL1, UR1) of an uphill phase, and got down from it about one target, and it asked from the peak pair (DL1, DR1) of a phase. Furthermore, the distance and the rate which were found from the peak (UL1, DL1) of a left channel are set to  $R(UL1, DL1)$  and  $v(UL1, DL1)$ , respectively. Moreover, the distance and the rate which were found from the peak (UR1, DR1) of a right channel are set to  $R(UR1, DR1)$  and  $v(UR1, DR1)$ . It is as follows when the conditions of the above (1) and (2) are expressed with a formula in that case. When these formulas are materialized, the selected peak pair is judged to be the right.

[0033]

[Equation 8]

| the data judged to be effective in the  $\theta(UL1, UR1) - \theta(DL1, DR1)$   
|  $\leq$  decision-criterion value |  $R(UL1, DL1) - R(UR1, DR1)$  |  $\leq$  decision-criterion value  
|  $v(UL1, DL1) - v(UR1, DR1)$  |  $\leq$  decision-criterion value  
effectiveness decision section 28 -- for example It is used for the automatic-tracking control to a precedence car. Effective data are used for a tracking control as it is. Moreover, when effective data are not obtained, changing pairing is also considered until effective data are obtained. Even if it changes pairing, when effective data are not obtained, invalid data are rejected and are not used for a tracking control. It is desirable to perform presumed processing suitable instead of and interpolation processing of invalid data, and to presume the distance, the current rate, and current bearing of a target using the past detection result.

[0034] In the above, the radar installation of this operation gestalt was explained. With this operation gestalt, detection bearing of a phase monopulse system gets down with the going-up phase in a FMCW method, and is called for in a phase, respectively. Moreover, the detection distance of a FMCW method and a detection rate are found from the signal of a receiving channel on either side, respectively.

[0035] It goes up that going up and 1 set of bearings for which it got down and asked in the phase are almost equal, in case distance and a rate are detected based on a FMCW method, and it gets down and means that the combination of the peak in a phase was right. That similarly the distance and the rate which were found by the right-and-left channel are almost equal means that the combination of the peak in a right-and-left channel was right, in case bearing is detected based on a phase monopulse system.

[0036] Then, since it is expected that it is thought that the combination of a peak was right and exact data are obtained when the difference of distance and a rate is below a decision-criterion value and the difference of bearing is below a decision-criterion value, it is judged with a detection result being effective.

[0037] Thus, according to this invention, going up of a FMCW method and 1 set [ as opposed to / get down and / that it is also at the right-and-left channel of a phase and a phase monopulse system / the same target ] of bearings, distance, and a rate are found, those values are compared mutually, and detection of a reliable distance, a rate, and bearing is attained by checking that the bigger difference than a predetermined decision-criterion value has not arisen.

[0038] In addition, the distance of this operation gestalt, the rate, and the decision-criterion value of bearing are beforehand decided to be suitable values. It is suitable for a decision-criterion value to set up in consideration of detection dispersion when the combination of the peak of the same target is performed correctly. For example, a decision-criterion value can be set as the standard magnitude of dispersion, or can be set as the maximum of dispersion. A decision-criterion value may be set up based on an experimental result or experience.

[0039] The 2nd operation gestalt of this invention is explained with reference to the [gestalt 2 of operation], next drawing 6 . The effectiveness of a detection result is judged by the comparison of two or more distance, a rate, and bearing with this operation gestalt as well as the operation gestalt 1. However, with the operation gestalt 2, the reliability of detection data is searched for and the effectiveness of detection data is judged by the comparison of two or more detection results from this reliability. And effective data are inputted into a prediction filter and prediction filtering of data is performed with this prediction filter. Thus, improvement in the distance of a target, measure, and the dependability of detection of bearing is achieved further.

[0040] In drawing 6 , the same sign is given to the same component as

the configuration of the operation gestalt 1 of drawing 4 , and explanation of these components is omitted. Distance, a rate, and the bearing operation part 26 find 1 set of bearings, 1 set of distance, and 1 set of rates from the same target like the operation gestalt 1 using four peaks of the going-up phase of right-and-left both channels, and a going-down phase.

[0041] The reliability operation part 32 is formed in the signal processor 30 of this operation gestalt at the preceding paragraph of the effectiveness decision section 34. The reliability operation part 32 searches for the reliability RE of the detection data calculated by the above-mentioned operation part 26, and searches for reliability RE based on the following detection data difference.

[0042] (1) -- the difference (the operation gestalt 1 -- the same) of bearing which it got down with the "bearing difference":going-up phase, and the phase came out, respectively, and was detected  
(-- the difference of the distance which 2) "range difference" and the "rate":right channel, and the left channel came out, respectively, and was detected, and the difference (the operation gestalt 1 -- the same) of a rate

Here, reliability RE is calculated for example, by the bottom type.

[0043]

[Equation 9]  $REr = 1 - |R10 - R20| / R00$  (however, in the case of  $REr < 0$ , it is made into 0.)

$REv = 1 - |v1 - v2| / v0$  (however, in the case of  $REv < 0$ , it is made into 0.)

$REtheta = 1 - |theta1 - theta2| / theta0$  (however, in the case of  $REtheta < 0$ , it is made into 0.)

REr, REv, and REtheta are distance, a rate, and the reliability of bearing, respectively. R10 and R20 are the values of 1 set of detection distance, and R00 is a reliability valuation-basis value for distance. Similarly, v1 and v2 are the values of 1 set of detection rates, and v0 is a reliability valuation-basis value for rates. theta1 and theta2 are the values of 1 set of detection bearings, and theta 0 is a reliability valuation-basis value for bearings. The above-mentioned values of R00, v0, and theta0 differ for detection, for example, can be made into about several times of the detection precision of equipment.

[0044] The effectiveness decision section 34 judges the effectiveness of a detection result based on the above-mentioned reliability REr and REv and REtheta. (1) For example, set up the thresholds REr0 and REv0 of reliability, and REtheta0 according to the individual for every candidate for detection. And when all of reliability REr and REv and REtheta are more than thresholds, it is judged that a detection result

is effective. Thresholds  $REr0$  and  $REv0$  and  $REtheta0$  may be the same, and they may differ. (2) Or let the product of reliability  $REr$  and  $REv$  and  $REtheta$  be the whole reliability  $RE$ . The effectiveness of a detection result is judged at once by measuring this whole reliability with the predetermined threshold reliability  $RE0$ . That is, when the with a threshold reliability  $[RE]$  of zero or more whole reliability  $RE$  is acquired, it is judged that a detection result is effective.

[0045] With this operation gestalt, the prediction filter 36 is formed in the signal processor 30. The prediction filters 36 are a Kalman filter, alpha-beta filter, etc. Only the detection result which the effectiveness decision section 34 judged to be effective is inputted into the prediction filter 36. With the prediction filter 36, prediction filtering based on this effective data is performed. Smoothing of a detection result is performed in prediction filtering. Using prediction location data and measuring-point data, the location and rate which were graduated are found and the graduated data are outputted as target information.

[0046] In the above, the radar installation of the operation gestalt 2 was explained. Also in the operation gestalt 2, like the operation gestalt 1, 1 set of bearings, 1 set of distance, and 1 set of rates are found, and a judgment of the effectiveness of detection data is made based on a bearing difference, range difference, and the speed difference, and when the value of a difference is small, it is judged with detection data being effective. Detection of a reliable distance, a rate, and bearing is attained by performing the above reliability operations, effectiveness decision of the detection result based on the result of an operation, and prediction filtering only using a still more effective detection result especially.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.
-

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the principle of a phase mono-pulse radar.

[Drawing 2] It is drawing showing the principle of a FMCW radar.

[Drawing 3] It is drawing showing the principle of a FMCW radar.

[Drawing 4] It is drawing showing the configuration of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the frequency-analysis result of the input signal of the left channel of the equipment of drawing 4 , and a right channel.

[Drawing 6] It is drawing showing the configuration of the 2nd operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

10 A voltage controlled oscillator (VCO), 14 A transmitting antenna, 16a, 16b Receiving antenna, 18a, 18b A wave detector, 20 A signal processor, 22a, 22b frequency-analysis section, 24a, 24b A peak detecting element, 26 Distance, a rate and bearing operation part, 28 Effectiveness decision section.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

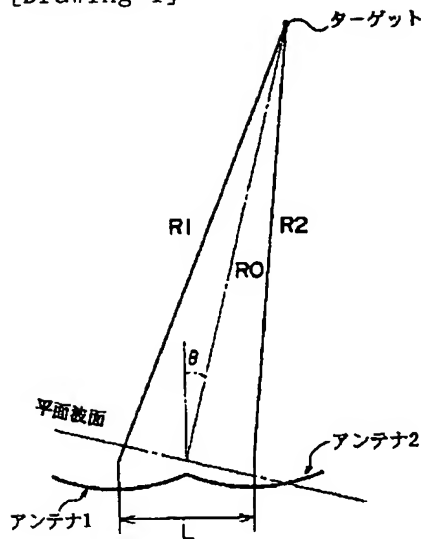
---

DRAWINGS

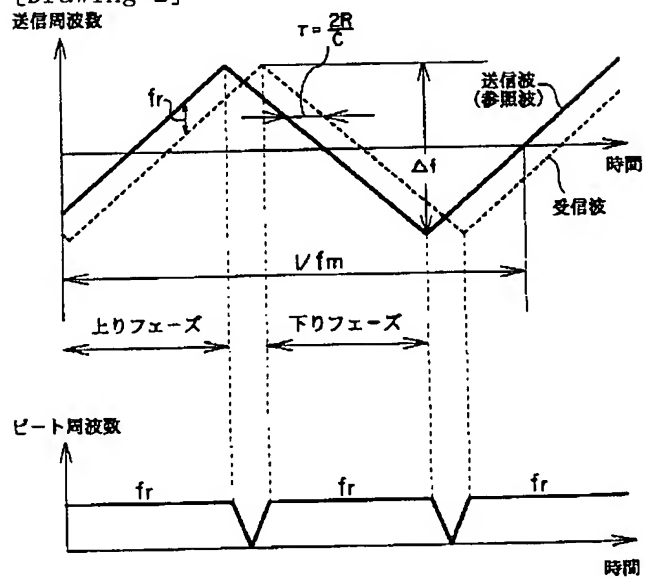
---



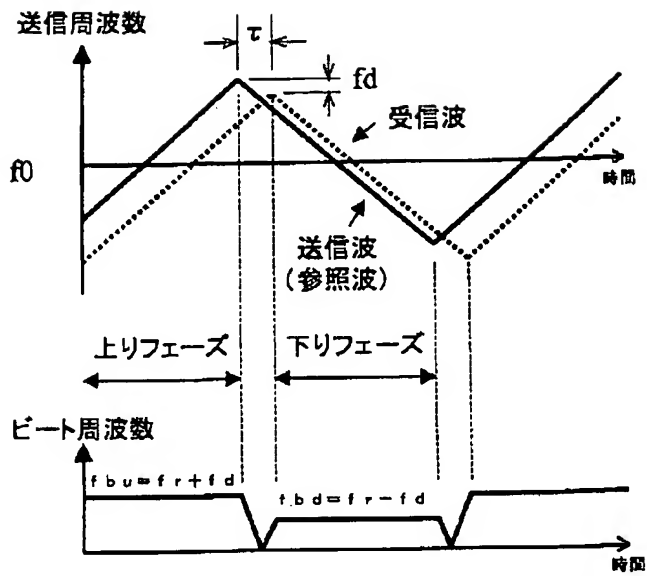
[Drawing 1]



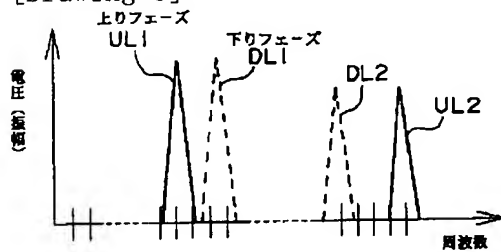
[Drawing 2]



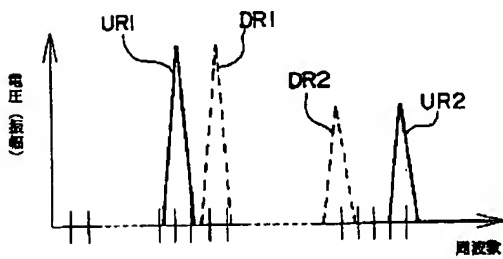
[Drawing 3]



[Drawing 5]

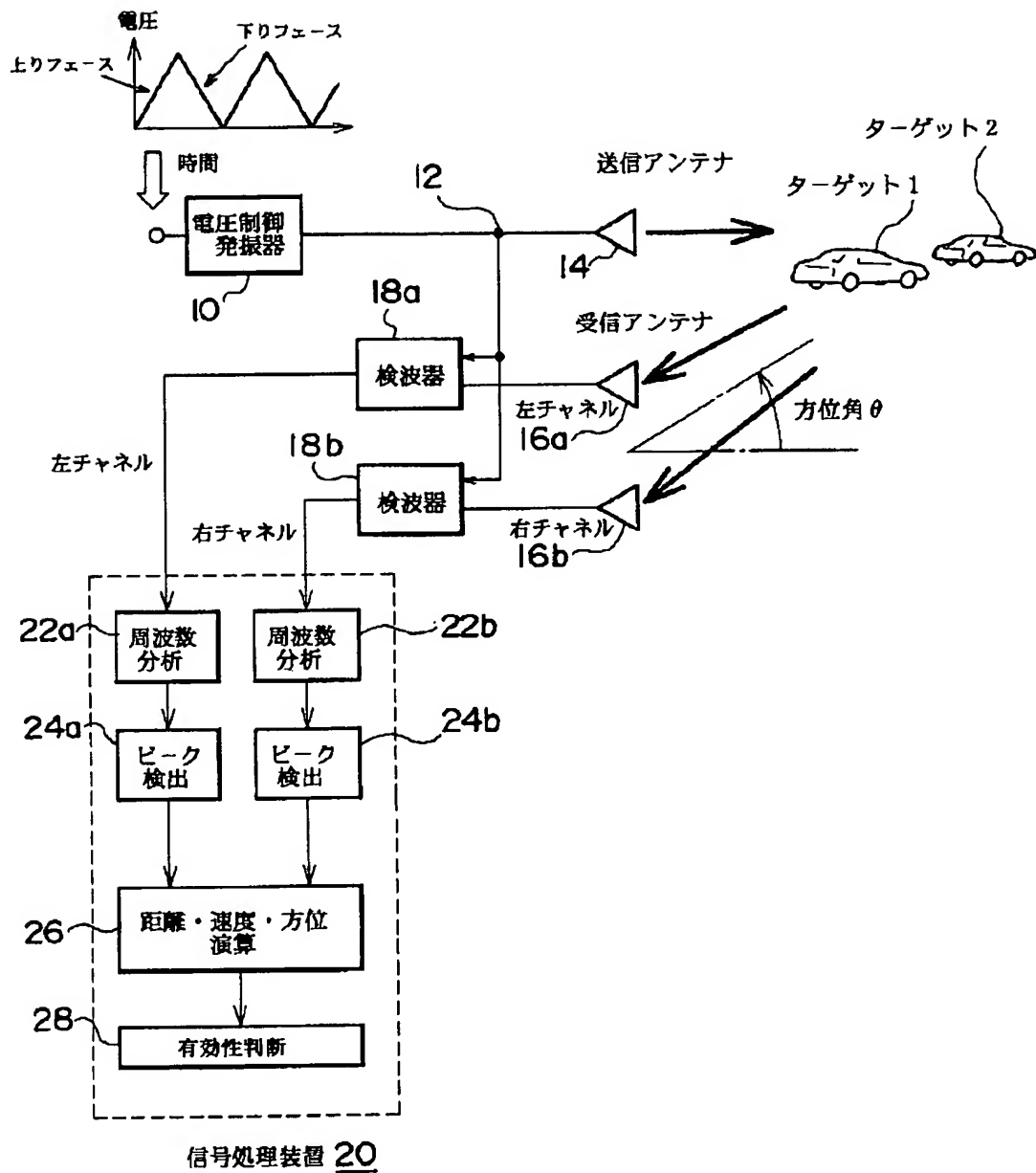


(a) 左チャンネル

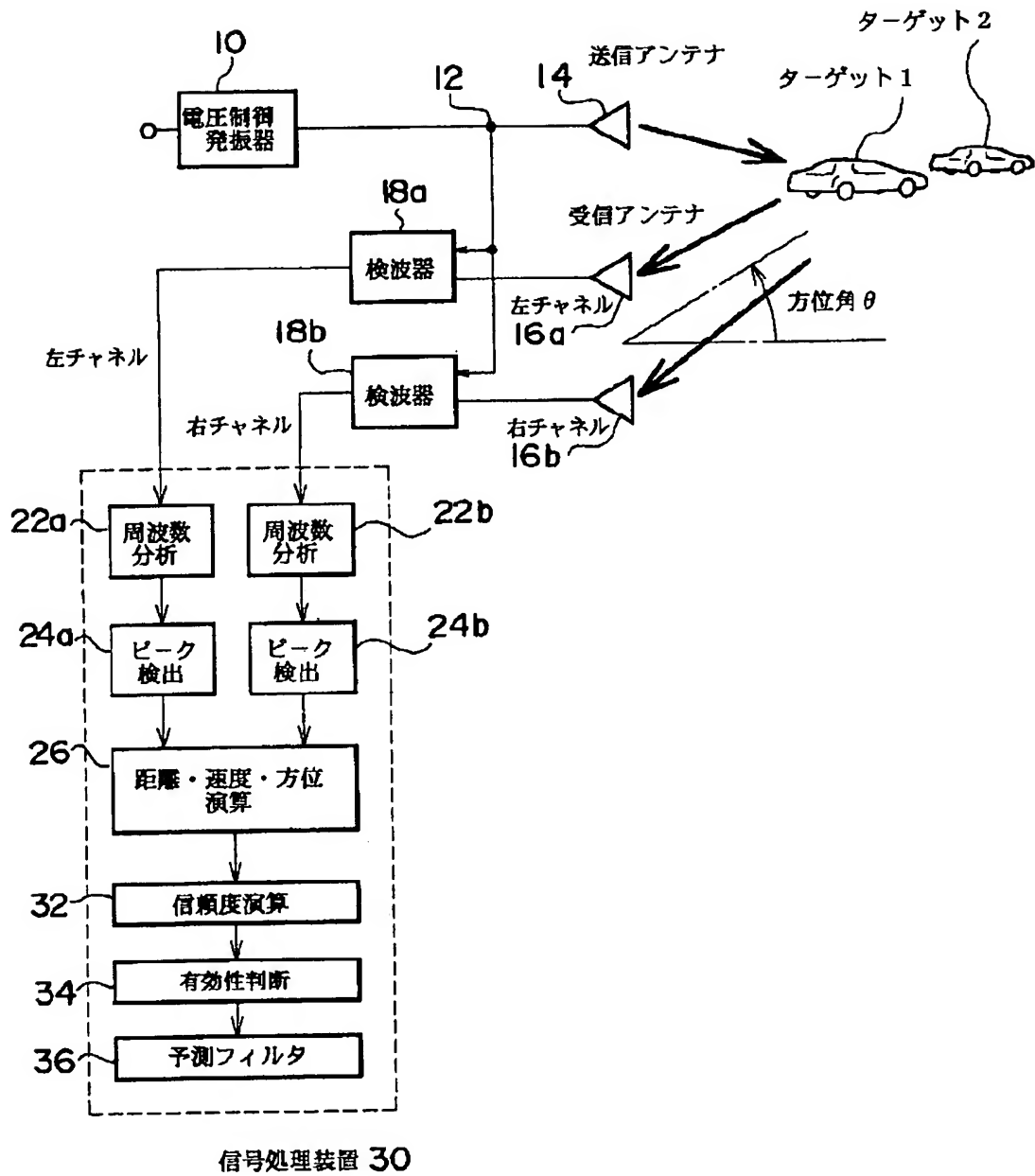


(b) 右チャンネル

[Drawing 4]



[Drawing 6]



[Translation done.]